

*А. М. Степанчук, канд. тех. наук, професор,
М. Б. Шевчук, аспірант*

ЗНОСОСТІЙКІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ЗА УЧАСТЮ ВІДХОДІВ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ І САМОФЛЮСІВНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА

Національний технічний університет України, «КПІ»
E-mail: astepanchuk@ifk.kpi.ua

Досліджені структура та зносостійкість композиційних матеріалів, отриманих просоченням гранул ВК8, Т15К10 і реліту розплавом самофлюсівного сплаву на основі заліза. Встановлено, що на структуру та зносостійкість при газоабразивному зношуванні впливає температура, час синтезу композиційного матеріалу та розмір гранул зміцнюючої фази.

Одним із шляхів підвищення довговічності деталей, що працюють в умовах абразивного або газоабразивного зносу, є створення на їх робочій поверхні зносостійкого шару. У цьому відношенні перспективними є структурно-неоднорідні композиційні матеріали [1; 2; 3], висока зносостійкість яких визначається наявністю в них твердих карбідних, боридних та інших частинок закріплених у в'язкій матриці.

Таким чином, в композиційному сплаві поєднується дві найбільш важливі властивості – висока твердість і зносостійкість зерен зміцнюючої фази (ЗФ) з високою міцністю і пластичністю сплаву-зв'язки. В якості таких сплавів у світовій практиці використовують, дисперсно-зміцнену бронзу, латуні, швидко ріжучу сталь [2; 3]. Однак використання цих матеріалів, при створенні композиту, вимагає застосування захисних середовищ або умов, які б попереджували взаємодію складових з навколишнім газовим середовищем (у випадку просочування на повітрі – киснем).

В роботі розглянуті композиційні матеріали, де в якості твердої складової використовуються литі карбіди вольфраму (реліт) і відходи твердих сплавів ВК і ТК для заміни дорогих сплавів, що містять дефіцитний вольфрам. А в якості сплаву-зв'язки завдяки відносно невисокій температурі плавлення 1050 °С, та стійкості проти окиснення на повітрі [4], використовується самофлюсівний сплав на основі заліза (СФЗ). Як результат поєднання таких влас-

тивостей вихідних матеріалів є можливість синтезувати композиційні матеріали на повітрі в процесі термічного нагріву.

Метою роботи є дослідження впливу виду зміцнюючої фази, розміру гранул, температури та часу витримки на формування структури КМ та їх зносостійкість при газообразивному зношуванні.

В якості об'єкта дослідження в нашій роботі виступає композиційний матеріал, який складається з частинок зміцнюючої фази (ВК8, Т15К10 і реліту з середнім розміром фракції 515, 815 та 1300 мкм), що являє собою подрібнений твердий матеріал гострокутової форми. А в якості сплаву-зв'язки використовується самофлюсівний сплав на основі заліза (СФЗ), що містить: Fe – основа; Ni – 20...40; Cr – 3,5...10; Mo – 2,0...3,5; Cu – 2,0...8,0; Mn – 0,5...1,5; В – 2,0...4,5; Si – 1,0...3,0; С – 0,8...2,0; Р – 0,4...0,8 і представляє собою, по суті, композиційний матеріал, який складається з металевої матриці на основі заліза і евтектики армованої дрібнозернистими (1...4 мкм) зернами карбідів та боридів.

Зразки для досліджень були виготовлені способом просочення за наступним режимом: нагрівання до 1150–1250 °С, витримка при цій температурі 15, 30, 45 хв, потім охолодження на повітрі. Були підготовлені зразки для металографічних досліджень і випробувань на газообразивний знос.

При металографічному дослідженні та локальним фазовим аналізом в попередніх роботах нами було встановлено [5], що в композиційному сплаві спостерігається значна взаємодія твердих частинок зі сплавом-зв'язкою з утворенням перехідної зони збагаченої залізом, нікелем, хромом і частковим розчиненням матеріалу зміцнюючої фази і виникнення в матриці нових фаз з високим вмістом карбіду вольфраму (рис. 1, табл. 1). При ідентифікації нової фази, було зроблено припущення, що ця фаза може бути складним карбідом типу $M_6C - W_3Fe(Cr)_3C / M_{12}C$.

При металографічному дослідженні та локальним фазовим аналізом в попередніх роботах нами було встановлено [5], що в композиційному сплаві спостерігається значна взаємодія твердих частинок зі сплавом-зв'язкою з утворенням перехідної зони збагаченої залізом, нікелем, хромом, і частковим розчиненням матеріалу зміцнюючої фази і виникнення в матриці нових фаз з високим вмістом карбіду вольфраму (рис. 1, табл. 1). При ідентифікації нової фази, було зроблено припущення, що ця фаза може бути складним карбідом типу $M_6C - W_3Fe(Cr)_3C / M_{12}C$.

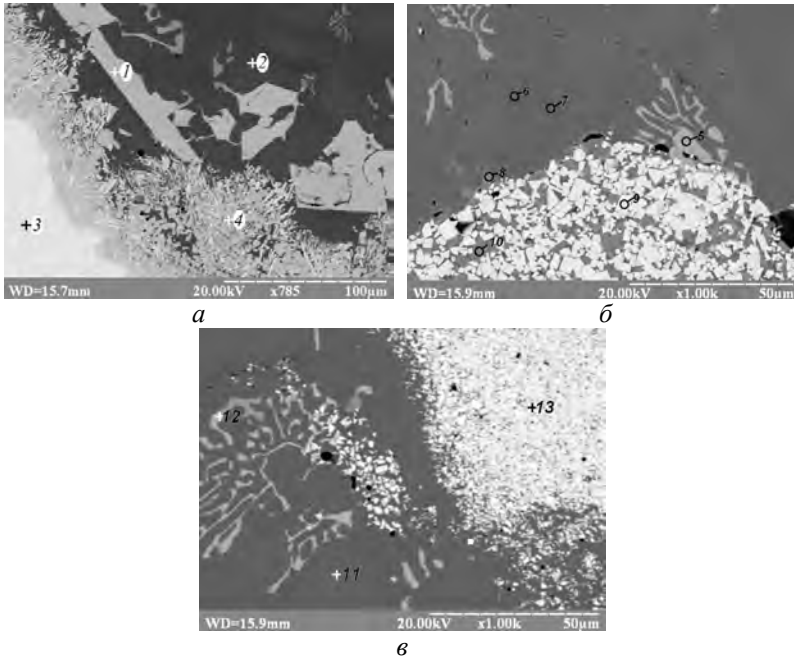


Рис. 1. Локальний аналіз елементів в різних фазах КМ за участю СФЗ та *а* – реліту, *б* – Т15К10, *в* – ВК8

Для дослідження зносостійкості при газоабразивному зносі використовувати зразки з однією плоскою поверхнею діаметром 12 мм. Як абразив використовували кварцевий пісок фракції $-600 +300$ (середній розмір 450 мкм). Тиск газу складав 0,6 МПа. Витрати піску склали 5 кг/хв. Запиленість газового струменя складала 10 %. Кут зустрічі газоабразивного струменя з поверхнею зразка складав 75° . Перед випробуваннями та після них зразки зважували на аналітичних вагах з точністю до 1×10^{-4} г. Перед зважуванням зразки промивали спиртом та висушували.

Для дослідження зносостійкості при газоабразивному зносі використовувати зразки з однією плоскою поверхнею діаметром 12 мм. Як абразив використовували кварцевий пісок фракції $-600 +300$ (середній розмір 450 мкм). Тиск газу складав 0,6 МПа. Витрати піску склали 5 кг/хв. Запиленість газового струменя складала 10 %. Кут зустрічі газоабразивного струменя з поверхнею зразка складав 75° . Перед випробуваннями та після них зразки зважували на ана-

літичних вагах з точністю до 1×10^{-4} г . Перед зважуванням зразки промивали спиртом та висушували.

Таблиця 1

Результати локального хімічного аналізу

| точка (рис. 1) | Вміст елементів, % | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| | Cr | Fe | Co | Ni | W | Si | Mn | Cu | Ti |
| 1 | 5,38 | 25,61 | – | 21,26 | 47,75 | – | – | – | – |
| 2 | 0,37 | 62,48 | 0,59 | 34,08 | 0,55 | 0,3 | 0,43 | 1,2 | – |
| 3 | 0,96 | 1,28 | – | 0,33 | 97,43 | – | – | – | – |
| 4 | 5,12 | 27,59 | 7,99 | 15,74 | 43,56 | – | – | – | – |
| 5 | 3,98 | 24,6 | 16,06 | 3,89 | 51,47 | – | – | – | – |
| 6 | 0,72 | 48,03 | 17,34 | 30,2 | 1,09 | – | 0,51 | 2,11 | – |
| 7 | 1,17 | 57,47 | 17,23 | 19,03 | 1,72 | – | 1,38 | 1,95 | 0,05 |
| 8 | 7,32 | 45,7 | 0,33 | 29,23 | 16,4 | – | 1,02 | – | – |
| 9 | – | 0,18 | – | 0,15 | 99,44 | – | – | – | 0,23 |
| 10 | – | – | – | 0,22 | 43,31 | – | – | – | 56,47 |
| 11 | 0,15 | 53,17 | 14,41 | 30,19 | – | 0,45 | 0,23 | 1,4 | – |
| 12 | 7,76 | 50,82 | 17,6 | 10,34 | 12,21 | 1,27 | – | – | – |
| 13 | – | 1,78 | 0,22 | – | 98 | – | – | – | – |

Отримані результати випробувань приведені на рис. 2, 3, 4. Як видно з рис. 2 складові композиційного матеріалу зношуються по різному. Більше зношується самофлюсівний сплав, який має меншу твердість і утворює лунки зношування. При цьому утворюється рельєфна поверхня на якій виступають зерна ТС, які зношуються значно менше. Слід зауважити, що на поверхні не утворюється різкої межі зношування. Такий характер зношування в поєднанні з поступовою зміною мікротвердості на границі між вихідними компонентами [5], дає можливість стверджувати, що на ступінь зношування переважно впливає твердість складових КМ [6]. Також слід відзначити єдиний характер зносу композитів з різним видом зміцнюючих гранул (рис. 2, а, б, в).

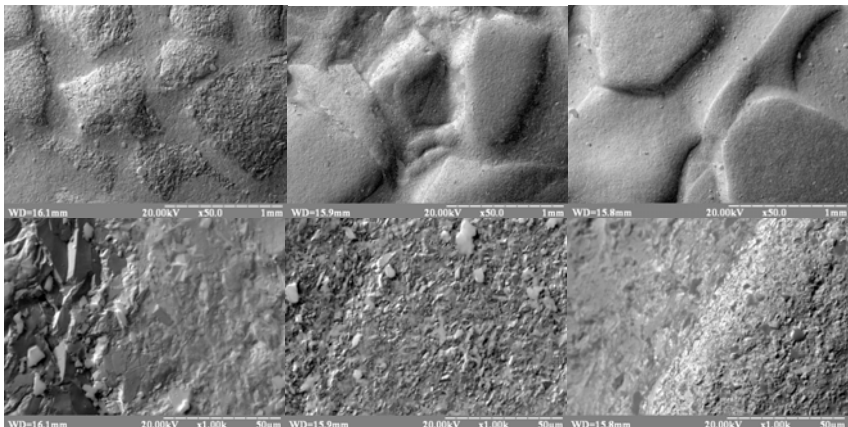


Рис. 2. Топографія поверхні зносу КМ за участю СФЗ та ТС *а* – реліту, *б* – Т15К10, *в* – ВК8

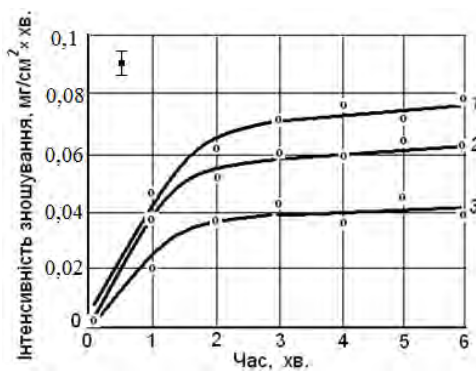


Рис. 3. Залежність зносу КМ з різним розміром гранул від часу зношування для ВК8 при $t = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ та 15 хв:
1 – 1300; 2 – 515; 3 – 815 мкм

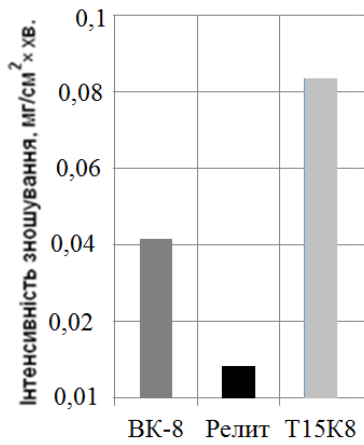


Рис. 4. Залежність зносу КМ від виду зміцнюючих гранул (отримані при $t = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$ та 15 хв.)

Вивчення залежності зносу від часу випробувань (рис. 3 – типова залежність) показує, що спочатку інтенсивність зносу зростає, а потім зменшується. Такий характер зносу пояснюється тим, що спочатку відбувається інтенсивний знос пластичної металевої

зв'язки з утворенням виступів зерен ЗФ. Надалі ці виступи зерен екранують поверхню металевої зв'язки і, тим самим, зменшується знос композиції в цілому.

Найкращу зносостійкість за інших рівних умов показують композити до складу яких в якості зміцнюючої фази входять гранули реліту (рис. 4), що можна пояснити кращими фізико-механічними властивостями реліту в порівнянні з ВК8 та Т15К10. Крім того реліт має найбільшу твердість в нашому ряду вихідних матеріалів, а як відомо твердість є визначальним компонентом у критерій оцінки зносостійкості при газоабразивному зношуванні.

Як видно з рис. 3, 5 характер зносу КМ залежності від розміру гранул, має екстремальний характер. При цьому найбільшу зносостійкість має КМ із середнім розміром гранул 815 мкм. Останнє, ймовірно, слід пов'язувати, за інших рівних умов, з навантаженням на окремі структурні складові КМ. Зменшення розміру гранул матеріалу приводить до збільшення їх площі контакту з потоком частинок, що сприяє збільшенню екрануючого ефекту і зменшенню ступеня зносу матриці. З іншого боку, при зменшенні розміру гранул зменшується ступінь абсолютного контакту металевої зв'язки зі ЗФ, що повинно призводити до більш легкого відділення гранул і збільшення зносу. Взаємодія цих факторів, має протилежний вплив на знос КМ і визначає екстремальну залежність від розміру гранул.

В залежності від температури та часу синтезу композиту при однаковому вихідному розміру гранул найменше зношується КМ отриманий при мінімальній

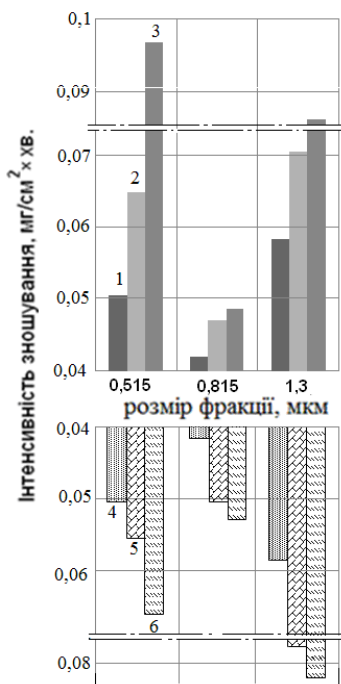


Рис. 5. Залежність зносу КМ отриманих за різних умов від розміру гранул ВК8: 1–1150, 2–1200, 3–1250 °С, 15 хв; 4 – 15, 5 – 30, 6 – 45 хв, t=1150 °С

температурі та мінімальному часі, за інших рівних умов (рис. 5 – типова залежність (стовпчики 1, 2, 3 – вплив температури 4, 5, 6 – вплив часу)). Це може бути зумовлено більш інтенсивною взаємодією гранул ЗФ з СФЗ, збільшенням зони збідненої карбідом вольфраму для реліту (темна смуга на рис. 1 а), та збільшенням розмиття границі у випадку ВК8 та Т15К10 [2] і як результат зносостійкість таких гранул зменшується. При збільшенні часу ізотермічної витримки еволюція мікроструктури відбувається так само як і при збільшенні температури [2], що також підтверджується однаковим характером гістограм зносу. Хоча з іншої сторони з інтенсифікацією процесів взаємодії матеріал матриці зміцнюється новими фазами з високим вмістом карбиду вольфраму, але як видно з гістограм зносу це не є визначальним параметром при газообразивному зношуванні.

Висновки. Зносостійкість КМ при газообразивному зношуванні залежить від характеристик вихідних матеріалів, особливо розміру вихідних гранул ЗФ та від умов синтезу. Найбільшу зносостійкість мають композиції до складу яких входить реліт.

Також значний вплив на зносостійкість має міжфазна межа. Збільшення зони гранул ЗФ збіднених карбідом вольфраму (для реліту), та збільшення розмиття границі у випадку ВК8 та Т15К10 приводить до погіршення стійкості матеріалів. Регулюючи час витримки та температуру синтезу КМ можна керувати властивостями і створювати композиції для певних умов роботи.

Список літератури

1. *Добровольский А.Г.* Абразивная износостойкость материалов: справ. пособ. / А.Г.Добровольский, П.И. Кошеленко.– К.:Техника, 1989. – 128 с.
2. *Microstructures and wear resistance of large WC particles reinforced surface metal matrix composites produced by plasma melt injection / Aiguo Liu, Mianhuan Guo, Minhai Zhao, Changbai Wang.* // *Surface & Coatings Technology.* – 2007. – 201. – P. 7978–7982.
3. *Hans Berns.* Comparison of wear resistant MMC and white cast iron // *Wear.* – 2003. – 254 – P. 47–54.
4. *Нечипоренко А. А., Степанчук А. Н., Лобода П. И.* Самофлюсующиеся сплавы на основе железа // *Адгезия расплавов и пайка материалов* – 1992. – №. 3– С. 94–98.

5. Степанчук А. М. Шевчук М. Б. Бірюкович Л. О. Структуроутворення при взаємодії реліту з розплавами самофлюсівних сплавів на основі заліза // Металознавство та обробка металів. – 2012. – №2. – С. 44–50.

6. Сорокин Г.М. Трибология сталей и сплавов. – М.: ОАО издательство «Недра», 2000. – 317 с.

Степанчук А. Н., Шевчук М. Б. Износостойкие композиционные материалы с участием отходов твердых сплавов и самофлюсующихся сплавов на основе железа// Проблемы тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2012. – Вип. 58. – С.94–101.

Исследованы структура и износостойкость композиционных материалов, полученных пропиткой гранул VK8, T15K10 и рэлита расплавом самофлюсующегося сплава на основе железа. Установлено, что на структуру и износостойкость при газоабразивному износе влияет температура, время синтеза композиционного материала и размер гранул упрочняющей фазы.

Рис. 5, табл. 1, список лит.: 6 наим.

Stepanchuk A. N., Shevchuk M. B. Composite materials with waste solids self-fluxing alloys on iron base.

The structure and wear resistance of composite materials produced by impregnating granules VK8, T15K10 and relita by melt of self-fluxing alloys on iron base. Found that on the structure and gas-abrasive wear resistance affected by temperature, the synthesis of the composite material and the grain size of the hardening phase.

Ключові слова: реліт, самофлюсівний сплав, композиційний матеріал, газоабразивний знос, зносостійкість.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2012